

А.С. Мкртычян<sup>1</sup>, С.В. Королева<sup>1</sup>,  
Д.Л. Петров<sup>1</sup>, В.В. Юсупов<sup>2</sup>



## Сравнительный анализ вариабельности сердечного ритма курсантов высшего образовательного учреждения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

<sup>1</sup>Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Иваново

<sup>2</sup>Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

**Резюме.** Представлены результаты математического анализа вариабельности сердечного ритма курсантов 1-го и 5-го курсов 2011 и 2016 гг. набора образовательного учреждения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Установлено, что у всех курсантов преобладает влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на модуляцию сердечного ритма. У курсантов первого года обучения, поступивших в 2011 и 2016 гг., достоверных различий по основным показателям вариабельности сердечного ритма не выявлено. Так, общая мощность спектра вариабельности сердечного ритма у них составила  $6854 \pm 1708$  и  $6885 \pm 1712$  мс<sup>2</sup>/Гц, соотношение низко- и высокочастотного компонентов равно  $0,6 \pm 0,2$  и  $0,67 \pm 0,22$  у.е., показатель реактивности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (коэффициент 30/15) –  $1,4 \pm 0,07$  и  $1,5 \pm 0,08$  у.е. соответственно. Через 5 лет обучения у выпускников 2016 г. (набор 2011 г.) функциональное состояние значительно улучшилось, увеличились функциональные резервы, сформировались более выгодные соотношения показателей вариабельности сердечного ритма для профессиональной адаптации по сравнению с выпускниками 2011 г. (набор 2006 г.). Общая мощность спектра у первых составила  $8115,77 \pm 942,44$  мс<sup>2</sup>/Гц, у вторых –  $3582,37 \pm 383,14$  мс<sup>2</sup>/Гц, соотношение низко- и высокочастотного компонентов –  $0,97 \pm 0,14$  и  $0,80 \pm 0,12$  у.е. соответственно. Все это свидетельствует об умеренной симпатикотонии, сохраняющейся на уровне устойчивой тенденции при выполнении функциональной пробы малой интенсивности (активной ортостатической пробы). Соотношение низко- и высокочастотного компонентов после активной ортостатической пробы равно  $5,0 \pm 0,75$  у.е. в 2016 г. против  $3,28 \pm 0,59$  у.е. в 2011 г. ( $p < 0,01$ ). Индекс централизации, характеризующий вовлечение центральных эрготропных механизмов в поддержание гомеостаза, у выпускников 2011 г. составил  $3,11 \pm 0,63$  у.е., у выпускников 2016 г. –  $5,04 \pm 0,92$  у.е. ( $p < 0,1$ ), что свидетельствует о формировании устойчивых процессов профессионализации на фоне гиперadaptationной реакции. Показатель реактивности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (коэффициент 30/15) у выпускников 2011 и 2016 гг. был практически одинаков и равнялся  $1,40 \pm 0,04$  и  $1,41 \pm 0,05$  у.е. соответственно и, естественно, не оказывал значительного влияния на вариабельность сердечного ритма.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, вегетативная нервная система, адаптация, курсанты, Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, экстремальные условия труда.

**Введение.** Труд сотрудников Федеральной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) относится к категории опасных [1]. Экстремальные условия профессиональной деятельности спасателей МЧС России оказывают неблагоприятное воздействие на состояние их здоровья, что проявляется повышенной заболеваемостью органов пищеварения, дыхания, системы кровообращения. Частота возникновения данных заболеваний у спасателей достоверно выше, чем у мужского населения соответствующего воз-

раста, и связана со стажем работы по специальности и интенсивностью профессиональной нагрузки. По распространенности хронической патологии у спасателей МЧС России ведущими являются болезни органов пищеварения, костно-мышечной, эндокринной, дыхательной систем и системы кровообращения. У 52% из них установлено существенное перенапряжение регуляторных систем и снижение адаптивных возможностей организма [2]. Экстремальные условия профессиональной деятельности спасателей МЧС России предъявляют повышенные требования как к профессионализму и психологическим качествам личности, так и к состоянию здоровья, обеспечивающим

эффективность деятельности в этих условиях [12]. Поэтому проблема сохранения здоровья и обеспечения надежности профессиональной деятельности специалистов экстремального профиля занимает одно из ведущих мест в области социальной гигиены, общественного здоровья и здравоохранения [8]. Этим же обусловлена актуальность и практическая необходимость совершенствования мероприятий и методов психофизиологического отбора специалистов экстремального профиля.

Первым этапом профессионального становления будущих спасателей МЧС России является их профессиональная подготовка в вузах министерства. Высокая стоимость подготовки будущих спасателей, значительный процент их отчисления из вузов по профнепригодности и психологическим причинам, высокие требования к мотивационной сфере личности, ее эмоционально-волевым качествам и когнитивным способностям определяют необходимость совершенствования существующей системы профессионального отбора кандидатов, поступающих в вузы МЧС России. Несмотря на наличие валидных психологических методик таких как методика юмористических фраз, моторная проба Шварцландера, краткая отборочная методика, батарея интеллектуальных методик «КРЗ-85», методика многостороннего исследования личности, 16-факторный личностный опросник Р.Б. Кэттелла [10], назрела необходимость объективизации должного медицинского обеспечения в профессиональном отборе будущих спасателей – курсантов вузов МЧС России [13]. Традиционные медицинские технологии не в состоянии выявить ранние, стресс-индуцированные, профессионально обусловленные изменения здоровья. Однако именно в решении этого вопроса заключается перспектива развития профессиональной персонализированной медицины для специалистов экстремального профиля. Одним из перспективных подходов, позволяющим интегративно оценить состояние системы кровообращения, ее функциональные и адаптационные резервы, является математический анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР). Чувствительность методики, все более широкое применение не только в научных, но и в практических целях – делает ее перспективной и востребованной именно в профессиях, требующих донозологической диагностики.

**Цель исследования.** Провести сравнительный анализ ВСР у курсантов первого курса академии МЧС России, поступивших в 2011 и 2016 гг., и выпускников тех же лет для определения наличия патоморфоза.

**Материалы и методы.** Обследованы 120 курсантов-мужчин 1-го и 5-го курсов (по 60 обучающихся) в возрасте  $20,42 \pm 0,07$  лет. Для исключения влияния конституциональных особенностей организма на результаты исследования [5] в зависимости от категории профпригодности [7] в исследование включались курсанты, сопоставимые по индексу массы тела, росту, окружности груди, живота и бедер, отнесенные ко 2-й категории профпригодности.

Обследование проводилось в стандартных условиях научно-исследовательской лаборатории «Медицина катастроф» с соблюдением этических и правовых норм для декретированной группы. Использован сертифицированный аппаратно-программный комплекс «ВНС-Микро» общества с ограниченной ответственностью «Нейрософт» (г. Иваново). Первое обследование проводилось в положении лежа до нагрузки – фоновая проба (Ф), затем стоя – активная ортостатическая проба (АОП).

При оценке состояния профессиональной адаптации использован «Способ оценки профессиональной адаптации курсантов образовательных учреждений МЧС России» (патент №2480151 от 27.04.13) [9]. Профессиональная адаптация курсанта считается удовлетворительной, если в результате показатель общей мощности (TP) спектра ВСР фоновой пробы (ТРФ) снижается не более чем на 50%, показатель реактивности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), так называемый коэффициент  $30/15$  ( $K_{30/15}$ ) – не более чем на 20% от исходных значений, а показатель соотношения низко- и высокочастотного компонентов (LF/HF) после АОП повышается не более чем на 30% от исходного [10]. Также проведен анализ кросс-корреляции (KRS) дыхательного и кардиоритмов испытуемых с разным тоном ВНС.

При математической обработке материала выполнялась проверка на нормальность распределения по критерию согласия Колмогорова – Смирнова. При нормальном распределении признаков в выборке вычислялся параметрический t-критерий Стьюдента, непараметрический критерий Вилкоксона (U) вычисляли с помощью MS Excel. Корреляционный анализ проводился непараметрическим методом Спирмена с помощью пакета статистических программ SPSS12.0. Достоверными считались результаты при уровне значимости  $p \leq 0,05$ . Все показатели в таблицах представлены в виде  $M \pm \sigma$ , где M – среднее арифметическое,  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение [3].

**Результаты и их обсуждение.** Все обследуемые показали хороший «уровень» ВСР: ТРФ составила  $5775,2 \pm 973,8$   $\text{мс}^2/\text{Гц}$ , после выполнения АОП –  $3547,1 \pm 1159,0$   $\text{мс}^2/\text{Гц}$  (нормальное фоновое значение по «Международному Стандарту» (МС) [10] равно  $3466 \pm 1018$   $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ). При этом индивидуальные колебания имели значительный разброс (25% перцентиль – 2997  $\text{мс}^2/\text{Гц}$ , 75% перцентиль – 9832  $\text{мс}^2/\text{Гц}$ ). Анализ соотношения отдельных составляющих спектра выявил достоверное преобладание влияния парасимпатического отдела ВНС на модуляцию ритма сердца: фоновый коэффициент  $LF/HF_{\phi}$  равнялся  $0,56 \pm 0,11$  у. е., после выполнении АОП –  $1,02 \pm 0,21$  у. е. (норма – 1,5–2 у. е.). Известно, что значительное усиление симпатoadреналовых влияний (увеличение LF/HF) является патогенетической основой развития реакций дезадаптации, а парасимпатикотония – косвенным признаком склонности обследуемого к риску (желательной психологической характеристикой для пожарного). Величина показателя  $K_{30/15}$  после выполнения

АОП составила  $1,49 \pm 0,23$  у. е. и не выходила за рамки нормы, представленной в МС [10].

Достоверных различий между исследуемыми показателями ВСР у курсантов 1-го курса, поступивших в 2011 и 2016 гг., не выявлено. Так, ТР ВСР курсантов, поступивших в 2011 г., составила  $6854 \pm 1708$  мс<sup>2</sup>/Гц, в 2016 г. –  $6885 \pm 1712$  мс<sup>2</sup>/Гц, LF/HF –  $0,6 \pm 0,2$  и  $0,67 \pm 0,22$  у. е.,  $K_{30/15}$  после АОП –  $1,4 \pm 0,07$  и  $1,5 \pm 0,08$  у. е. соответственно (табл. 1). Таким образом, у курсантов первого года обучения вне зависимости от года поступления выявлена выраженная парасимпатикотония.

Таблица 1  
Показатели ВРС курсантов 1-го года обучения, поступивших в 2011 и 2016 гг.,  $M \pm \sigma$

Показатель	Год поступления		МС
	2011	2016	
ТР, мс <sup>2</sup> /Гц	$6854 \pm 1708$	$6885 \pm 1712$	$3466 \pm 1018$
VLF, мс <sup>2</sup> /Гц	$1588 \pm 627$	$1592 \pm 632$	–
LF, мс <sup>2</sup> /Гц	$1315 \pm 367$	$1320 \pm 371$	$1170 \pm 416$
HF, мс <sup>2</sup> /Гц	$3949 \pm 1192$	$3952 \pm 1198$	$975 \pm 203$
LF, н. е.	$32,1 \pm 5,2$	$32,1 \pm 5,2$	–
HF, н. е.	$67,9 \pm 6,2$	$68,0 \pm 6,3$	–
LF/HF, у. е.	$0,6 \pm 0,2$	$0,67 \pm 0,22$	$1,5 \pm 2,0$
VLF%	$23,7 \pm 4,1$	$23,9 \pm 4,2$	–
LF%	$23,5 \pm 4$	$23,8 \pm 4,1$	–
HF%	$52,8 \pm 6,7$	$53,1 \pm 6,9$	–
KRS, у. е.	$22,8 \pm 7,3$	$23,0 \pm 7,5$	–
$K_{30/15}$ после АОП, у. е.	$1,4 \pm 0,07$	$1,5 \pm 0,08$	–

**Примечание:** VLF – очень низкочастотный компонент. Мощности компонентов спектра в нормализованных единицах высчитались по формулам: HF (н. е.) =  $HF / (TP - VLF) \times 100$ , LF (н. е.) =  $LF / (TP - VLF) \times 100$ .

Общая мощность спектра ВСР выпускников 2011 г. составила  $3582,37 \pm 383,14$  мс<sup>2</sup>/Гц, выпускников 2016 г. –  $8115,77 \pm 942,44$  мс<sup>2</sup>/Гц, что свидетельствует о лучших (хороших) функциональных резервах выпускников 2016 г. Соотношение баланса LF/HF в вегетативном обеспечении деятельности сердца выпускников 2011 г. составило  $0,80 \pm 0,12$  у. е., выпускников 2016 г. –  $0,97 \pm 0,14$  у. е., что характеризует устойчивую тенденцию к усилению симпатoadреналовой составляющей. Соотношение баланса LF/HF<sub>АОП</sub> выпускников 2011 г. составило  $3,28 \pm 0,59$  у. е., выпускников 2016 г. –  $5,0 \pm 0,75$  у. е., что также свидетельствует об устойчивой тенденции к усилению симпатoadреналовой составляющей при выполнении функциональной пробы малой интенсивности (АОП), таблица 2.

Таким образом, более выраженная превентивная готовность к выполнению профессиональных задач

Таблица 2

Показатели ВСР у выпускников 2011 и 2016 гг.,  $M \pm \sigma$

Показатель	Выпускники 2011 г. (набор 2006 г.)	Выпускники 2016 г. (набор 2011 г.)
ТР, мс <sup>2</sup> /Гц	$3582,37 \pm 383,14 / 2987$	$8115,77 \pm 942,44 / 6489,5^*$
LF, мс <sup>2</sup> /Гц	$919,33 \pm 166,10 / 596$	$2845,73 \pm 582,27 / 1834,5^*$
HF, мс <sup>2</sup> /Гц	$1450,7 \pm 210,85 / 1262$	$3193,37 \pm 38,23 / 3173^*$
LF/HF, у. е.	$0,80 \pm 0,12 / 0,59$	$0,97 \pm 0,14 / 0,71^*$
$K_{30/15}$ у. е.	$1,40 \pm 0,04 / 1,4$	$1,41 \pm 0,05 / 1,37$
LF/HF <sub>АОП</sub> у. е.	$3,28 \pm 0,59 / 2,45$	$5,0 \pm 0,75 / 3,7^*$
IC, у. е.	$3,11 \pm 0,63 / 2,6$	$5,04 \pm 0,92 / 3,47^*$

**Примечание:** \* –  $p \leq 0,1$ ; / после АОП – мода, наиболее вероятный показатель в группе.

имеет место у выпускников 2016 г. Индекс централизации (IC) у выпускников 2011 г. составил  $3,11 \pm 0,63$  у. е., выпускников 2016 г. –  $5,040,92$  у. е., что является показателем устойчивой тенденции к усилению центральных эрготропных влияний, отражающих процесс профессионализации. Показатель  $K_{30/15}$  у выпускников 2011 и 2016 гг. был практически одинаков и равнялся  $1,400,04$  и  $1,410,05$  у. е. соответственно и, естественно, не оказывал значительного влияния на вариабельность сердечного ритма.

Следовательно, к концу обучения курсанты 5 курса (выпускники) приобретают необходимый уровень профессиональной адаптации, основным маркером которой является выраженное преобладание парасимпатических модулирующих влияний на ритм сердца. При этом в периоде так называемого «ожидания» стрессового воздействия имеет место умеренная симпатикотония, выражающаяся в снижении показателя LF. У испытуемых-ваготоников по показателям KRS зарегистрированы наиболее высокие показатели синхронизации.

## Выводы

1. Фоновые показатели ВСР у первокурсников разных годов поступления в вуз достоверно не различаются.

2. При выполнении функциональной пробы малой интенсивности (активной ортостатической пробы) у выпускников 2016 г. по сравнению с выпускниками 2011 г. достоверно усиливается симпатoadреналовая составляющая, что свидетельствует о возросшей профессиональной нагрузке и формировании необходимого уровня параметров вегетативного обеспечения деятельности сердца.

## Литература

- Алексанин, С.С. Результаты оценки состояния здоровья спасателей МЧС России / С.С. Алексанин // Вестн. психотерапии. – 2007. – № 21 – С. 83–90.
- Алексанин, С.С. Состояние здоровья специалистов опасных профессий МЧС России / С.С. Алексанин, О.М. Астафьев // Медико-психологическая помощь в чрезвычайных ситуациях: мат. Междунар. науч.-практ. конф. – СПб.: ВЦЭРМ, 2010. – С. 3–11.

3. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
4. Данилова, Н.Н. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / Н.Н. Данилова. – СПб.: ИНКАРТ, 2000. – 64 с.
5. Загородников, А.Г. Влияние конституциональных особенностей организма на адаптационные возможности и успешность обучения курсантов военного вуза / А.Г. Загородников [и др.] // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2016. – №1 (53). – С. 215–219.
6. Зеленина, Н.В. Формирование психосоматических заболеваний у военнослужащих-женщин в процессе обучения / Н.В. Зеленина [и др.] // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. – 2015. – № 4 (52). – С. 133–138.
7. Мкртычан, А.С. Особенности вариабельности сердечного ритма, профессионально значимые при подготовке специалистов экстремального профиля / А.С. Мкртычан [и др.] // Проф. мед. – 2016. – № 19 (3). – С. 41–44.
8. Об утверждении Концепции совершенствования медицинского обеспечения системы МЧС России на период до 2020 года и Плана основных мероприятий реализации первого этапа Концепции на 2009–2011 годы: приказ МЧС России от 20 ноября 2008 № 710. – М, 2008. – 3 с.
9. Пат. № 2480151 Российская Федерация, МПК А61В5/0402 (2006.01). Способ оценки профессиональной адаптации курсантов образовательных учреждений МЧС России / С.В. Королева; опубл. 27.04.2013 // Бюл. № 12. – С. 87–90.
10. Пат. № 2533732 Российская Федерация, МПК А61В5/0402 (2006.01). Способ диагностики риска развития стресс-индуцированного мелкоочечного кератолиза / С.В. Королева; опубл. 20.11.2014 // Бюл. № 32. – С. 57–59.
11. Петров, В.Е. Психометрическая адаптация диагностического инструментария профессионального психологического отбора кандидатов на службу в органы внутренних дел: метод. пособие / В.Е. Петров. – Казань, 2003. – 64 с.
12. Сысоев, В.Н. Теоретические проблемы профессионального психологического отбора, психофизиологического сопровождения подготовки и деятельности военнослужащих: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / В.Н. Сысоев. – СПб., 1999. – 37 с.
13. Шойгу, Ю.С. Профессиональный психологический отбор курсантов вузов МЧС России – будущих спасателей (обоснование психодиагностического инструментария): автореф. дис. ... канд. психол. наук / Ю.С. Шойгу. – СПб.: Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины МЧС России, 2003. – 20 с.

A.S. Mkrtychyan, S.V. Korolyova, D.L. Petrov, V.V. Yusupov

### Comparative analysis of heart rate variability of cadets of the higher educational institution of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters

**Abstract.** Here we report the results of comparative analysis of the heart rate variability of cadets of the educational institution of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters of 1st and 5th courses which entered in 2011 and in 2016. It is established, that all cadets have the prevalence of parasympathetic part of the autonomic nervous system in modulation of the heart rate. There are no significant differences between main parameters of the heart rate variability in cadets entered in 2011 and in 2016. Thus, the total spectra power of the of heart rate variability was  $6854 \pm 1708$  and  $6885 \pm 1712 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ , the ratios of low- and high-frequency components were  $0,6 \pm 0,2$  and  $0,67 \pm 0,22$  conventional units, parasympathetic reactivity indexes of the autonomic nervous system (coefficient 30/15) were  $1,4 \pm 0,07$  and  $1,5 \pm 0,08$  conventional units, respectively. After 5 years of training the graduates of 2016 (entered in 2011) had significantly improved functional state, their functional reserves were increased, and ratios of heart rate variability for professional adaptation had been formed as more effective compared with graduates of 2011 (entered in 2006). The first group has total spectra power as  $8115,77 \pm 942,44 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ , the second group –  $3582,37 \pm 383,14 \text{ ms}^2/\text{Hz}$ , the ratio of low- and high-frequency components was  $0,97 \pm 0,14$  and  $0,80 \pm 0,12$  conventional units, respectively. All of this indicates that cadets had a moderate sympathicotonia, which persisted at the level of a stable trend in the performance of the low intensity functional test (active orthostatic test). The ratios of low- and high-frequency components after the active orthostatic test were  $5,0 \pm 0,75$  conventional units in group of 2016 vs.  $3,28 \pm 0,59$  conventional units in group of 2011 ( $p < 0,01$ ). The centralization index characterizing the involvement of ergotropic mechanisms of central nervous system in maintaining homeostasis for graduates of 2011 was  $3,11 \pm 0,63$ , and for graduates of 2016 –  $5,04 \pm 0,92$  ( $p < 0,1$ ), which showed the formation of steady processes related to professional and hyperadaptational background. The reactivity index of the parasympathetic autonomic nervous system (coefficient 30/15) in graduates of 2011 and 2016 was almost the same and equaled  $1,40 \pm 0,04$  and  $1,41 \pm 0,05$  conventional units, respectively, and therefore did not significantly affect the heart rate variability.

**Key words:** heart rate variability, autonomic nervous system, adaptation, cadets, Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters, extreme working conditions.

Контактный телефон: 8-921-920-87-63; e-mail: arsen-68@mail.ru